

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-160950
(43)Date of publication of application : 19.06.1998

(51)Int.CI. G02B 6/10
G02B 6/122
G02B 6/26
G02B 6/30

(21)Application number : 08-319256

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 29.11.1996

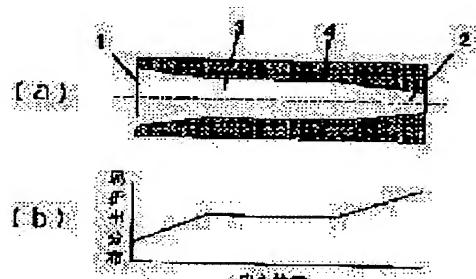
(72)Inventor : DOMOTO CHIAKI
NISHIMURA KOTA
IWAMEJI KAZUAKI
NAGATA SEIICHI

(54) OPTICAL TRANSMISSION PATH

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce a reflection loss and a connection loss caused by a light leakage and deviation in an optical axis by making a cross section of a core part in the vicinity of one end part to which an optical signal is inputted larger than the cross section of the core part in the vicinity of the other end part and making a refractive index difference between the core part and a clad part smaller than other.

SOLUTION: An optical fiber cable is formed regularly by quartz glass and methacrylate resin, etc., and the size (cross section) of the core part 3 in the vicinity of an incident side end part 1 is made larger than the size (cross section) of an outgoing side end part 2, and simultaneously, the refractive index difference between the core part 3 and the clad part 4 in the vicinity of the incident side end part 1 is made lower than the refractive index difference between the core part 3 and the clad part 4 in the vicinity of the outgoing side end part 2. By the way, the refractive index difference between the core part 3 and the clad part 4 is proportional to the size of the core part 3. In such a manner, when the size of the core part 3 in the vicinity of the incident side end part 1 of the optical fiber cable is made larger than the size of the outgoing side end part 2, the light leakage due to the difference between the sizes of input/output parts and the reflection loss caused by the deviation in the optical axis are reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

[application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3398292

[Date of registration]

14.02.2003

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

4/12

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-160950

(43)公開日 平成10年(1998)6月19日

(51) Int. Cl.⁶G 02 B 6/10
6/122
6/26
6/30

識別記号

F I

G 02 B 6/10
6/26
6/30
6/12D
A

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全6頁)

(21)出願番号

特願平8-319256

(22)出願日

平成8年(1996)11月29日

(71)出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市山科区東野北井ノ上町5番地
の22

(72)発明者 堂本 千秋

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

(72)発明者 西村 剛太

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

(72)発明者 岩目地 和明

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京セラ株式会社中央研究所内

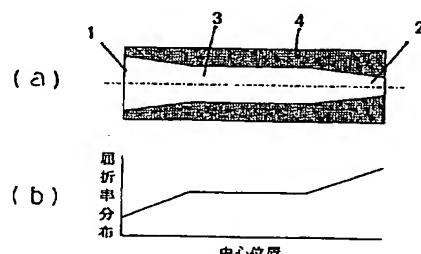
最終頁に続く

(54)【発明の名称】光伝送路

(57)【要約】

【課題】 光伝送路と他の光伝送路を接続した場合に、接続損失が大きいという問題があった。

【解決手段】 一端部から光信号が入力されると共に、他の端部から光信号が出力されるコア部とクラッド部から成る光伝送路において、前記光信号が入力される一端部付近のコア部の横断面を前記他の端部付近のコア部の横断面よりも大きくすると共に、この一端部付近のコア部とクラッド部の屈折率差を前記他の端部付近のコア部とクラッド部の屈折率差よりも小さくした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】一端部から光信号が入力されると共に、他の端部から光信号が出力されるコア部とクラッド部から成る光伝送路において、前記光信号が入力される一端部付近のコア部の横断面を前記他の端部付近のコア部の横断面よりも大きくすると共に、この一端部付近のコア部とクラッド部の屈折率差を前記他の端部付近のコア部とクラッド部の屈折率差よりも小さくしたことを特徴とする光伝送路。

【請求項2】前記光伝送路が光ファイバケーブルであることを特徴とする請求項1に記載の光伝送路。

【請求項3】前記光伝送路が光集積回路の光導波路であることを特徴とする請求項1に記載の光伝送路。

【請求項4】前記光伝送路の途中に曲がり部を設け、この曲がり部における前記コア部とクラッド部の屈折率差を他の伝送路部分のコア部とクラッド部の屈折率差よりも大きくしたことを特徴とする請求項1に記載の光伝送路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光ファイバや光導波路などに応用される光伝送路に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】従来から、光ファイバケーブルや光導波路などの光伝送路には、ガラスやプラスチックなどの透光性材料が用いられている。

【0003】この光ファイバケーブルはシングルモードの光を伝送し、 $8 \sim 10 \mu\text{m}$ 程度の径を有するコア部とこれを取り囲む $125 \mu\text{m}$ 程度の外径を有するクラッド部により構成される。コア部はクラッド部よりも屈折率が通常 0.5% 程度大きく設定される。このような条件は、相対的に屈折率の小さいクラッド部によって、コア部を伝わる光がコア部内に効率よく閉じ込められるようにするための物理的要請から定められるものである。

【0004】現状の光ファイバケーブルでは、コア部に用いるガラス材料の純度を向上させることで、導波損失を 0.16 dB/km 程度まで低くすることができるようになった。しかしながら、光ファイバから他のデバイスへの接続点においては、その形状や大きさの違いから、光の損失は $0.1 \sim 2.5 \text{ dB/point}$ と大きい。

【0005】また、平面光導波路においても、導波損失は 0.1 dB/cm 程度まで低くなつたが、接続損失は $0.1 \sim 2.5 \text{ dB/point}$ と依然として大きい。平面光導波路においては、光ファイバとの接続損失を考慮して、通常コア部とクラッド部の屈折率差を 0.25% 程度にしてコア層の幅を約 $8 \mu\text{m}$ 程度にするが、この条件では導波路の曲がり部において導波損失が大きくなることから、導波路の曲がり部における曲げ半径は 25 mm 以上必要であった。

【0006】このような接続損失の問題を回避するために、接続点にレンズを設け、一方の光伝送路から出射した光を絞って他の光伝送路へ入射させるような工夫もされている。しかしながら、すべての接続点にレンズを設けることは、その軸合せなどが困難であることや装置の小型化の要求を満足させることができないという問題を誘発する。また、コア部とクラッド部の屈折率差を $0.75 \sim 2.0\%$ 程度まで大きくして曲がり部の導波損失を減らす工夫もされている。しかしながら、コア部とクラッド部の屈折率差を大きくすると、シングルモードの光を導波させるためにコア部の径を $6 \sim 4 \mu\text{m}$ 程度と小さくしなければならず、接続損失が大きくなるという欠点があった。

【0007】本発明は、このような従来技術における接続損失と曲がり部での導波損失が大きいという問題点を解消した光伝送路を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためには、本発明に係る光伝送路では、一端部から光信号が入

20 力されると共に、他の端部から光信号が出力されるコア部とクラッド部から成る光伝送路において、前記光信号が入力される一端部付近のコア部の横断面を前記他の端部付近のコア部の横断面よりも大きくすると共に、この一端部付近のコア部とクラッド部の屈折率差を前記他の端部付近のコア部とクラッド部の屈折率差よりも小さくした。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明を添付図面に基づき詳細に説明する。図1は、本発明に係る光伝送路の一実

30 施形態である光ファイバケーブルの断面図である。このような光ファイバケーブルは通常、石英ガラスやメタクリレート系樹脂などで形成され、入射側端部1近傍のコア部3の径(横断面)を出射側端部2の径(横断面)よりも大きくし、同時に入射側端部1近傍のコア部3とクラッド部4の屈折率差を出射側端部2近傍のコア部3とクラッド部4の屈折率差よりも低くする。ちなみに、コア部3とクラッド部4との屈折率差は、コア部3の径に比例し、例えばコア部3の径が $8 \mu\text{m}$ の場合コア部3とクラッド部4の屈折率差は 0.25% となり、コア部3

40 の径が $6 \mu\text{m}$ の場合コア部3とクラッド部4の屈折率差は 0.75% となり、コア部3の径が $5 \mu\text{m}$ の場合コア部3とクラッド部4の屈折率差は 1.5% となり、コア部3の径が $4 \mu\text{m}$ の場合コア部3とクラッド部4の屈折率差は 2.0% となる。このように光ファイバケーブルの入射側端部1近傍のコア部3の径を出射側端部2の径よりも大きくすると、入出力部の大きさの違ひによる光漏れや光軸のずれによって起こる反射損失を低減でき、結果として接続損失を低減できる。つまり、出射部2の径が入射部3の径よりも $1 \mu\text{m}$ 小さい場合は $1 \mu\text{m}$ の位

50 置すれば許容できることになり、位置合わせが容易にな

る。

【0010】図2は、上述のような光ファイバケーブルを製造するための装置を示す図である。光信号伝送用光ファイバケーブルは約2000℃に加熱されると軟化し、引張られると細くなる。ヒーター23で加熱した母材を巻取機26で連続して引き取り、光ファイバとなる。なお、図2中、20はプリフォーム、21は加熱部、22は線径制御部、23はヒータ、24はプラスチックコーティング部、25はキャプスタンである。加熱部21での加熱温度を低くすることで同じ引き取りの負荷をかけてもファイバの伸び量が小さくなり、コア径を大きくすることができます。また引き取りの負荷を小さくすることでファイバの伸び量を小さくしてコア径を大きくすることも可能である。このような方法で図1に示す光ファイバの入力側端部1を作製する。光ファイバのコア部3をあまり大きくしすぎると、シングルモード以外の高次のモード光が導波するので、このような問題が生じる場合には、フッ素(F)やボロン(B)またはそれらの酸化物を拡散させて、光ファイバのコア部3の屈折率を低下させることでシングルモード化することができる。

【0011】逆に、図2に示す加熱部21での加熱温度を高くするか、引き取りの負荷を大きくすることで光ファイバのコア径3を小さくし、図1に示す光ファイバの出射側端部2を作製することが可能である。この場合も、光ファイバのコア径3を小さくし過ぎると、シングルモード光が導波しなくなるので、 TiO_2 、 ZrO_2 、 Al_2O_3 、 P_2O_5 、 GeO_2 またはこれらを含む化合物を拡散させてコア部3の屈折率を上げることでシングルモード化することができる。ちなみに石英の屈折率は1.46であるが、 TiO_2 や ZrO_2 を10モル%程度含有させれば屈折率は1.51程度となり、 Al_2O_3 、 P_2O_5 または GeO_2 を20モル%程度含有させれば屈折率は1.48～1.50程度になる。

【0012】図3は、本発明に係る光伝送路の他の実施形態である光導波路の断面図である。入射端部側1のコア部3の横断面(径)を大きくすると共に屈折率を低くすることで形状や大きさの違いによる光漏れや光軸のずれによって起る反射による損失を減らし、結果として接続損失を減少させることができる。

【0013】図4は、通常の石英系平面光導波路を火炎堆積法やTEOS原料を用いたCVD法によって作製する例を示す図である。これらの方法では、図4(a)に示すように下部クラッド層6を作製した後、図4(b)に示すようにコア層7を堆積し、図4(c)に示すようにフォトリソグラフィ技術を用いてコア部3以外をエッチング除去することでコア部3を作製する。エッチング時にこの平面光導波路の入射端部側1を大きくし、出射端部側2を小さくすることで、接続損失を小さくすることが可能となる。この場合、コア部は光導波路の直線

部では幅*深さ=8*8～10*10μm程度に、入射部では12*12μm程度に、また出射部では6*6μm程度に形成される。

【0014】図5～図7は、多孔質シリコン酸化法による光導波路の作製方法を示す図である。図5は光導波路の入力端部側の断面工程図、図6は光導波路の中央部の断面工程図、図7は光導波路の出力端部側の断面工程図である。図5(a)に示すように、シリコン基板上に、光導波路のコア部となる部分のみ開口したマスク層10を設ける。このマスク層10は、陽極化成処理で高濃度のフッ酸溶液を用いるため、耐フッ酸性が必要である。耐フッ酸性の層としては、Au、Pt、a-Si、SiNなどの他、レジストなどの有機膜でも可能である。またp型基板を用いる場合には、基板表面に不純物をドーピングすることでn型にすればマスクとなる。さらにこれらの膜を多層構造にして耐性を増すことが可能である。

【0015】シリコン基板10aとしては、p型、n型いずれでも可能である。次に、図5(b)に示すように、陽極化成処理法でコア部となる部分11を多孔質化する。陽極化成処理で用いるフッ酸溶液はフッ化水素酸／エタノール／水の混合液であり、フッ化水素酸濃度は1.5～5.0%である。シリコン基板10aを陽極として化成処理をする。この時の電流密度は、1.0～2.50mA/cm²である。n型のシリコン基板10aを用いる場合は化成中にタンクステンランプなどにより光を照射する必要があるが、p型シリコン基板10aを用いる場合は光照射の必要はない。多孔質シリコン11が1.5～2.0μmの深さまで達すれば化成処理を終える。この厚みがコア部とクラッド部の径となるので、導波する光がシングルモードとなるように、下記に述べるドープ量とコア部の径を調整する必要がある。多孔質シリコン11の酸化による体積膨張を考慮して、多孔度を4.5～6.0%に調整する。

【0016】次に、図5(c)～(d)に示すように、不純物12のドーピングを行う。不純物12としては、Be、Mg、Al、Cd、Y、Zr、Pb、Ti、La、Nb、S、B、Sr、Geやそれらの酸化物、それらを含む化合物があり、基板上に蒸着法、スピンドルコート法、電着法などの方法で成膜する。ドーピング量は、ドープ材料によって異なる。通常はコア部とクラッド部(SiO_2)の比屈折率差($\Delta n (%)$)が0.25～2.0程度になるように、不純物12のドーピングを行う。図3における光導波路の入射端部側1は屈折率が低くなるように、図6(c)に示すようにドーピングする不純物12の塗布量を減らし、逆に出射端部側2では、図7(c)に示すように不純物12の塗布量を増やす。

【0017】熱酸化処理を行うことによって多孔質シリコン11を石英ガラスにする。酸化温度は通常1050～950℃であり、酸素又は水蒸気雰囲気中で0.5～

2時間程度行う。熱処理により多孔質シリコン11が酸化された時に、塗布した不純物12が内部に拡散してコア部の屈折率を制御することができる。上部クラッド層9を設ける必要がある場合は、スピンドルラス法、CVD法、或いはFHD法などの方法で設けることが可能である。

【0018】図8は平面光導波路の曲がり部を示す図である。光導波路14が直線の部分では、コア部とクラッド部の屈折率差を0.25%程度にしている。曲がり部で屈折率差が0.25%であると、臨界角を超えた光15が導波路外へ出てしまう。このことを考慮して、曲がり部におけるコア部とクラッド部の屈折率差を大きくとり、導波損失を低減させることができる。例えば曲がり部での伝播損失を0.1dB/cmに抑えるためには、コア部とクラッド部の屈折率差が0.25%あれば許容曲げ半径は25mmであり、コア部とクラッド部の屈折率差が0.75%あれば許容曲げ半径は5mmであり、コア部とクラッド部の屈折率差が1.5%あれば許容曲げ半径は2mmであり、コア部とクラッド部の屈折率差が2.0%あれば許容曲げ半径は1mmである。

【0019】

【実施例1】抵抗0.01Ω·cm以下のn⁺型シリコン基板を用いて、導波路を作製した。シリコン基板の面方位は<100>である。基板表面に、MOCVDにより、SiN膜を2000Åとa-Si膜を1000Åの厚みまで成膜した。

【0020】コアとなる部分のマスクをフォトリソグラフィ技術を用いて開口した。コア部の目標断面形状は、光導波路の直線部では幅*深さ=8*8~10*10(μm)であるが、入射部では、12*12(μm)、出射部では6*6(μm)、また曲がり部では4*4(μm)である。この形状を得るために、マスクの開口部の幅は直線部で2μm、入射部で4μm、出射部で1μm、曲がり部で0.6μmとした。これはマスク開口部から、基板内部に下方向のみならず横方向にも多孔質化が進むために、開口部を十分に細くする必要があるためである。a-Siのエッチングマスクとして、レジスト材料を用いた。エッチングは、フッ硝酸溶液(フッ酸:硝酸:水=1:20:5)を用いて行った。

【0021】a-Siのエッチング後、陽極化成処理を行った。陽極化成は、図9に示す治具を用いて行った。図9中、16は電極、17は電解液、18は電源、19は陽極化成治具である。この治具19を用いれば、陰極側と陽極側の電解液17は、シリコン基板10aを介して分離されている。陰極電極が入った電解液17がシリコン基板10aの表面から多孔質化することができる。電解液17として、フッ酸30%(フッ酸:エタノール:水=6:7:7)溶液を用いた。陽極化成処理時の電流密度は、30mA·cmで、5分間の処理を行った。シリコン基板10aの多孔質化は、a-Siのマス

ク開口部から、シリコン基板10a内に深さ方向約9μmまで進んだ。

【0022】単金属酸化物薄膜用塗布材料をドーピング材料としてシリコン基板10aの表面にスピンドルラス法で塗布した。このドーピング材料は焼成後に溶剤などが蒸発して酸化チタン(TiO₂)の膜がシリコン基板10a上に残る。ドーピング材料を塗布した後、120℃のクリンオープンで10分間仮焼成し、さらに600℃で30分間本焼成した。

【0023】レジスト材料をマスクとして硫酸でTiO₂膜の不要な部分をエッチング除去した後に、酸化処理を行った。酸素雰囲気中300℃で1時間、水蒸気雰囲気中900℃で1時間、水蒸気雰囲気中1050℃で1時間行った。この後室温まで自然冷却した。上部クラッド層はスピンドルラス法により成膜した。上記熱処理によって多孔質シリコンが酸化されて石英ガラスになった。同時に先に塗布したTiO₂が石英ガラス中に拡散し、図10に示すように適度な濃度勾配を持つ光導波路となった。なお、図10は、光導波27におけるTi不純物の拡散深さと拡散濃度との関係を示す図である。

【0024】

【発明の効果】以上のように、本発明に係る光伝送路によれば、光信号が入力される一端部付近のコア部の横断面を他の端部付近のコア部の横断面よりも大きくすると共に、この一端部付近のコア部とクラッド部の屈折率差を他の端部付近のコア部とクラッド部の屈折率差よりも小さくしたことから、光入出力部の位置ずれによって起る光漏れや光軸のずれによって起こる反射損失を低減でき、結果として接続損失を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光伝送路の一実施形態である光ファイバケーブルの断面図と屈折率分布を示す図である。

【図2】本発明に係る光伝送路の一実施形態である光ファイバケーブルの製造装置を示す図である。

【図3】本発明に係る光伝送路の一実施形態である光導波路の断面図と屈折率分布を示す図である。

【図4】本発明に係る光伝送路の一実施形態である光導波路の一製造工程を示す図である。

【図5】本発明に係る光伝送路の一実施形態である光導波路の入力端部側の他の製造工程を示す図である。

【図6】本発明に係る光伝送路の一実施形態である光導波路の中央部の他の製造工程を示す図である。

【図7】本発明に係る光伝送路の一実施形態である光導波路の出力端部側の他の製造工程を示す図である。

【図8】本発明に係る光伝送路の一実施形態である光導波路の曲がり部を示す図である。

【図9】本発明に係る光伝送路の一実施形態である光導波路の一製造装置を示す図である。

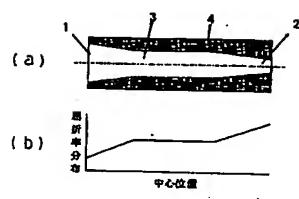
【図10】本発明に係る光伝送路の一実施形態である光導波路における不純物の拡散深さと拡散濃度との関係を

示す図である。

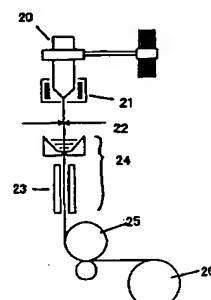
【符号の説明】

1 ···· 入力側端部、2 ···· 出力側端部、3 ···· コ

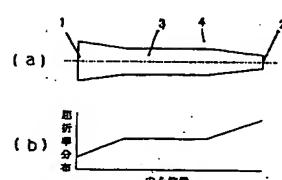
【図1】



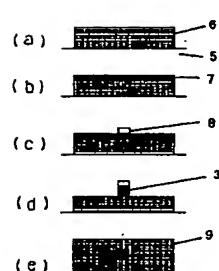
【図2】



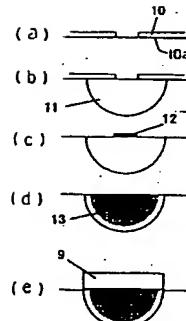
【図3】



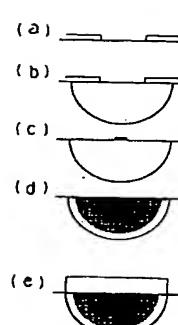
【図4】



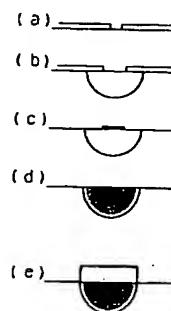
【図5】



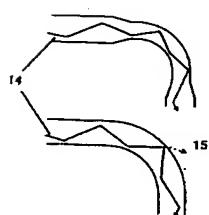
【図6】



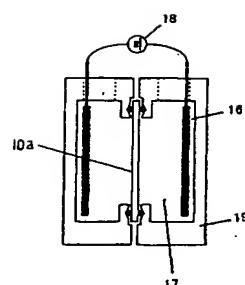
【図7】



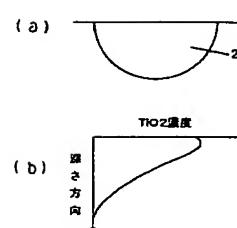
【図8】



【図9】



【図10】



(6)

9

フロントページの続き

特開平10-160950

10

(72)発明者 永田 清一

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京

セラ株式会社中央研究所内